

600 合金部 SCC に対する予防保全工事 (WJP 工事)

三菱重工業

岸 真之

Masayuki Kishi

Not Member

加圧水型原子炉 (PWR) の高経年化に伴い、応力腐食割れなどのように運転時間に伴い顕在化する損傷が海外・国内とも PWR プラントにて確認されている。ここでは、プラント設備の保全技術として高ニッケル合金の応力腐食割れ対策に着目し、ウォータージェットピーニング(WJP)による応力改善技術を紹介する。

Keywords: Water Jet Peening, WJP, SCC, Alloy600, Stress improvement, PWR, Application

1. はじめに

原子力発電所の設備損傷に伴うトラブルの未然防止は重要なテーマであり、プラントの高経年化に伴う圧力容器や配管などの構成部位の余寿命診断、劣化緩和、補修は重要な課題となっている。

運転時間に伴い損傷が顕在化する原因の一つとして応力腐食割れ (Stress Corrosion Cracking: SCC) があり、環境、材料、応力の3因子の重畳によるものと考えられているが、加圧水型原子炉 (PWR) においては、高ニッケル合金である600合金の応力腐食割れによる損傷事例が国内外において顕在化してきており、その防止が従来PWRプラントの保全の重要なテーマの一つとなっている。

1次系耐圧バウンダリにおける600合金使用部位を図1に示す。PWRの1次系水環境条件下での応力腐食割れはPWSCCと言われ、PWSCC感受性を有している600合金が加工や溶接などによる高引張残留応力の状態で使用される場合に、損傷に至るものと考えられている。

応力腐食割れの対策は、図2に示す通り環境改善(温度低減)、材料改善(他材料への取替)、応力改善(引張応力改善)が挙げられるが、ここでは図1③~⑥の部位の応力改善技術であるウォータージェットピーニング(WJP)についての保全技術を説明する。

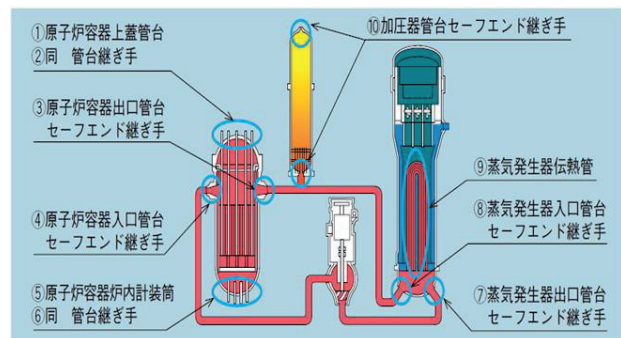


図1 PWRプラント1次系耐圧バウンダリでの高ニッケル合金(600合金)使用部位

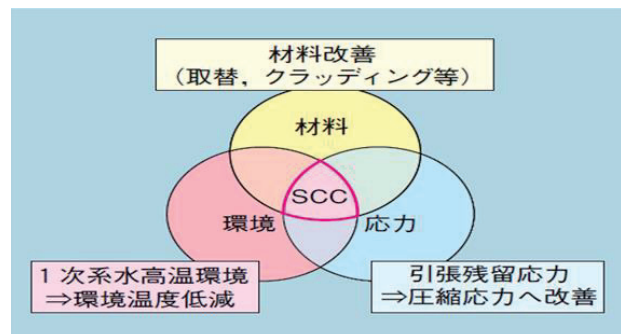


図2 応力腐食割れの3因子と対策

三菱重工業株式会社
パワードメイン 原子力事業部 建設・保全技術部
保全技術課
岸 真之
〒652-8585
兵庫県神戸市兵庫区和田崎町1丁目1番1号
神戸造船所
E-mail:masayuki_kishi@mhi.co.jp

2. ウォータージェットピーニング

PWSCC発生因子の一つである高引張残留応力の対策の一つであるWJPは、対象機器が水中環境の場合に適用しており、材料の1次系水接液部(表面)の引張残留応力を圧縮応力に改善して、PWSCCを予防する技術である。

図3に示すように、水中に高速のウォータージェットを噴射するとキャビテーションが発生するが、その崩壊時の衝撃圧によって、材料の表層面に塑性ひずみを起こし、表面層を圧縮応力に改善する。(図4)

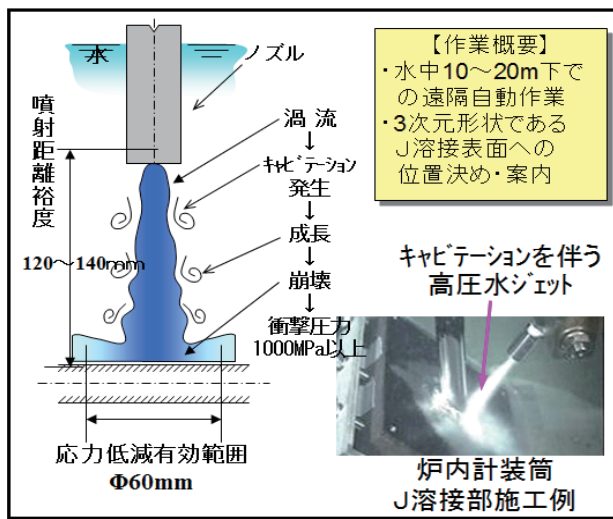


図3 ピーニングによる施工状態

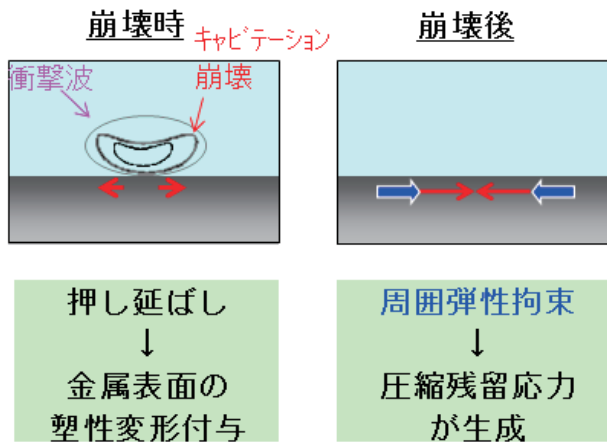


図4 応力改善の原理

3. WJP工事

PWRプラントにおけるWJPの対象部位は原子炉容器の内部であるが、定期検査における燃料取り出し後も常に冷却水で満たされており、③④原子炉容器出口/入口

管台は水深約10m、⑤⑥原子炉容器炉内計装筒/管台継手は水深約18mとなっている。そのため、専用の遠隔装置を準備し、クレーンで施工位置まで装置を吊り降ろしてWJPの施工を実施している。(図5、図6)

WJPは事前の試験において、ノズルの移動速度、噴射距離、流量等のパラメータの有効範囲を確認しており、実機施工においては、これらを厳密に管理することによって、所定の応力改善効果がえられることを確認する。

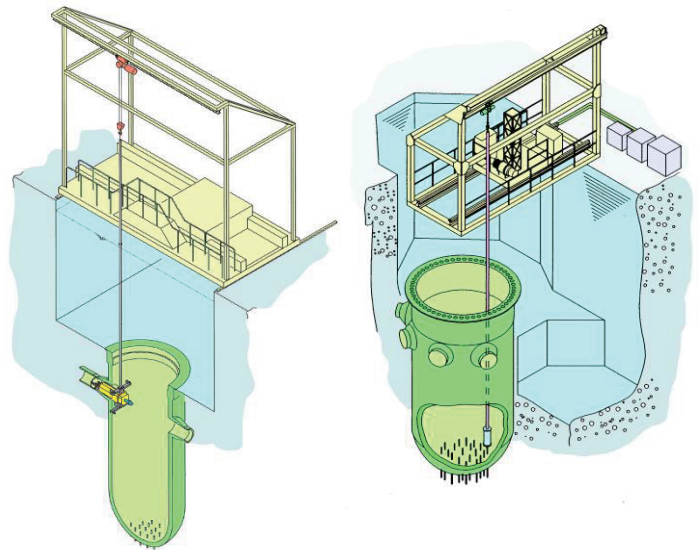


図5(左) 原子炉容器管台へのWJP適用

図6(右) 原子炉容器炉内計装筒へのWJP適用

4. おわりに

ここまで国内PWRプラントでは21基に対してWJP工事を適用済みである。本年10月に計画している四国電力(株)伊方発電所3号機のWJP工事が国内PWRプラントとして最後のWJP工事となる。前回工事より約5年の期間があいているが、これまでの経験を活かして問題なく施工できるように現在、所内トレーニングを実施し鋭意準備中である。また、米国においては昨年PWR1基にWJPを適用しており、本年10月にも次の工事を計画している。

今後も、これまでの国内外の経験を活かして原子力プラントへのWJP技術の適用を検討していくと共に、原子力プラントの保全全般についても引き続き取り組んでいく。